محیط شناسی، سال سی و دوم، شماره ۴۰، زمستان ۱۳۸۵، صفحهٔ ۱۰۰-۸۷

تغییرات زمانی بارش ایران

دکتر حسین محمدی[1]*
دکتر مجید جاوری[2]

۱- دانشیار دانشکدهٔ جغرافیا دانشگاه تهران
۲- استاد یار دانشگاه پیام نور

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۲/۲/۸، تاریخ تصویب: ۱۳۸۵/۱/۲۱)

چکیده

عناصر مختلف اقلیمی دارای حرکات و نوساناتی در طول زمان هستند که باید این نوسانات بررسی و شناخته شوند بعضی از این نوسانات از الگوهای خاصی پیروی می‌کند و بعضی دارای الگوهای نوسانی منظم نیستند. این نوسانات نامنظم، تغییرات تصادفی نامیده می‌شوند. براین اساس برای سنجش و پیش بینی تغییرات تصادفی در بارش فصلی و سالانهٔ ایران از مدل های تغییرات تصادفی استفاده شد. با توجه به سنجش و پیش بینی مدل‌ها، بارش فصلی تمامی ایستگاه‌ها دارای تغییرات تصادفی بودند. در سنجش بارش سالانهٔ ایستگاه‌ها، بارش سالانهٔ ایستگاه تبریز بدون تغییرات تصادفی بود و بارش سالانهٔ ایستگاه‌های دیگر تحت تأثیر تغییرات تصادفی می‌باشند. همچنین بارش فصلی ایستگاه‌های اهواز، بندرانزلی، تبریز و یزد از مدل‌های متغیر پیروی می‌کنند و بارش فصلی ایستگاه‌های اصفهان، بندرعباس، خرم آباد، زاهدان و مشهد از مدل‌های ثابت پیروی می‌کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

کلید واژه

سری‌های زمانی، تغییرات تصادفی، مدل ثابت، مدل متغیر، اقلیم سنجی، بارش

***نویسنده مسئول:** تلفن: ۶۱۱۱۲۵۹۱ - ۰۲۱، Email: hmmohammadi@yahoo.com

مقدمه

اقلیـم پدیده ای متغیّراسـت. تغییر پذیری اقلیم موضوعی اسـت که مـورد توجه تمامـی اقلیم شناسـان قرارگرفته و می‌گیرد. امـروزه موضوع تغییـرات اقلیم از اهمیت زیادی برخوردار اسـت. تغییـرات اقلیمی در تمام پدیده‌های زیست محیطی مؤثر است. بررسی و شناخت این تغییرپذیری در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای اهمیت بسـیاری دارد. تغییرپذیری اقلیم از الگوهای خاصی پیروی می‌کند. این الگوها متناسـب با موضوع و یا مسئلهٔ تحقیق مصداق معینی را به خود می‌گیرند. امروزه بررسی تغییرات اقلیمی به خصوص در ایران اهمیت زیادی دارد. در این زمینه عنصر بارش که اهمیت زیادی دارد، انتخاب شده است و در قالب تغییرات تصادفی بارش ایران مورد بررسـی قرارگرفته است. بارش در طرح تحقیق بعنوان سری زمانی[۱] بارش ایران مطرح شـده است. تعداد داده‌ها که طول سری[۲] را مشخص می‌کنند در یافته‌هـا و نتایـج فرض‌های تحقیق مؤثر هسـتند (نیرومند و بزرگ نیا، ۱۳۷۲؛ نیرومنـد، ۱۳۷۶). پیش بینی از مهمترین موضوعات اقلیم کاربردی اسـت. لذا در مقایسه با سری‌های اصلی[۳] سری‌های پیش بینی[۴] قراردارد. سـری‌ها را در قالب کلی در دو مدل اصلی ثابت[۵] و متغیر[۶] مورد بررسـی قرارمی‌گیرنـد. مطلب اصلی در قالب تحلیل و پیش بینی سـری‌های زمانی بارش ایران اسـت که در این مقاله بر تغییرات تصادفی با مدل‌های مختلف تأکید شده است.

موضوع تحقیق و بیان مسئله

موضـوع اصلی این تحقیق که به عنـوان تغییرات تصادفی در بارش ایران مشخص شده است، به نوعی قسمتی از سنجش اقلیمی[۷] بارش ایران می‌باشـد. اقلیم سـنجی ماهیت زمانی دارد و به عنوان تغییرات زمانی اقلیم نتیجهٔ منظر مشـخصی از علم اقلیم شناسی، شـامل کاربرد ریاضیات، آمار ریاضی و روش‌های آماری در عناصر و داده‌های اقلیمی جهت فراهم کردن شـواهد عینی و تجربی در تأیید الگوهای ارائه شـده بوسـیلهٔ اقلیم شناسی ریاضـی[۸] و بدسـت آوردن نتایـج و یافته‌های کمی و حتی کیفی اسـت. تغییرات تصادفی بارش ایران که جزیی از اقلیم سـنجی است در قالب شیوه ها، شـاخص ها و الگوهای خاص خود بررسی شده و مطالب این تحقیق را به خود اختصاص داده اسـت. با توجه به موضوع، مسـئلهٔ اصلی این تحقیق به صورت زیر مطرح است:

آیـا بارش ایـران دارای تغییرات تصادفی اسـت و این تغییرات از چه مدل‌هایی پیروی می‌کند؟

پیشینهٔ تحقیق

تاکنون محققان بسـیاری کوشـیده‌اند تا در تحلیل‌های خود به تبیین دقیق تغییـرات اقلیم در حوضه های مختلف بپردازنـد. در این تحقیقات با توجـه به هدف‌های مورد نظـر از عناصر مختلف اقلیمـی، طول دوره‌های مختلف و شـیوه‌های مختلف اسـتفاده شده اسـت. با توجه به محدودیتها محققـان هر کدام از زاویه‌ای به مسـائل تغییرات اقلیمی نگریسـته‌اند. در ایران بعضی از محققان به شـیوه‌های توصیفی به تحلیل مسـائل و برخی دیگر با اسـتفاده از شـیوه‌های کمی از زاویه‌ای خاص به بررسـی تغییرات اقلیم پرداخته‌انـد. موضوعاتی مانند رابطهٔ بارش و ارتفـاع، طبقه‌بندی‌های اقلیمی از طریق تحلیل‌های خاص کمی، بررسی تغییرات بارش ایستگاه‌ها، بررسـی خشکسالی‌ها و تر سـالی‌ها و ... از موضوعاتی اسـت که بعضی از محققان ایران در قالب مقالات مختلف به طریقی به بررسـی تغییرات اقلیم ایـران پرداخته‌اند. هیچ کـدام از این تحقیقات تصویر روشـن و کامل‌تری از تغییـرات اقلیمی ایران، بخصـوص تغییرات زمانی اقلیم بـرای ما ایجاد نمی‌کند. محققان خارجی به شکل مناسبتری به تحلیل‌های تغییرات اقلیمی پرداخته‌اند. Lightteill و همکارانش (1981) با ارائهٔ مباحثی مانند پیوند دور و ناهنجاریهـای بـارش در مناطق حاره و جنب حاره، تحلیل نوسـانات سـالانهٔ دما و بارش در مناطق موسـمی، مدل سازی در مطالعات نظری در پیش بینی دقیق موسـمی‌ها، تحلیل‌های فیزیکی و دینامیکی اقیانوس هند در موسمی‌های تابستانه، استفاده از شبیه‌سازی در تحلیل‌های اقلیمی و بطور جالـب به تدوین مقالات خود پرداخته‌اند. Anyadike (1992) تغییرات بارش ماهانه و سـالانه مناطق مرکزی و جنوبی نیجریه را در یک دورهٔ ۷۲ سـاله بررسی نموده اسـت. او با تحلیل بارش به عدم تصادفی بودن ریزش بارش در منطقه پی برده اسـت و به بررسی روند (نزولی) و تغییرات دوره‌ای بـارش پرداختـه اسـت. Rasmussow و Akkin (1993) با تحلیل تغییرات بـارش در عرض‌های مختلف، از آثار تغییرات بارش در فرآیندهای طبیعی سـخن می‌گویند. Bonacci (1993) با سـه شیوهٔ تحلیل روند، تحلیل فرایند مارکف و شـیوهٔ درصدی بـه تحلیل تغییرات بارش به منظور تعیین خشکسالی پرداخته است. این محقق سعی داشته است که با توجه به تغییرات بارش از زاویهٔ هیدرولوژی به تعیین خشکسـالی بپردازد. بوناسی در ناحیه اوسیجک[۹] شـدت، میزان و مدت خشکسالی هیدرولوژیک آن ناحیه را بررسـی کرده است. Quiek و Loukas (1996) به بررسی تغییرات بارش در قسمت‌هایی از کلمبیای بریتانیا پرداخته‌اند. آنها بطریقی از تغییرات دوره‌ای بارش به منظور بررسی تغییرات ارتفاع بارش اشاره کرده‌اند. Rind (1996) بـه تحلیل مفهوم تغییرپذیری و توانایی تغییرپذیری اشـاره کرده اسـت. او با اسـتفاده از دمای سطحی و بارش با مدل‌های اقلیمی به تحلیل تغییـرات دما و بارش پرداخته اسـت. همچنین در تحلیل خود به ناهنجاری های اقلیمی و آثار آن اشـاره کرده اسـت. Groisman (1999) با یک سری ۱۰۰ سـالهٔ بارش متوسط سالانه به تحلیل تغییرات بارش مناطقی از روسـیه و اروپا و آمریکای شـمالی پرداخته است. او به روند افزایشی بارش حدود ۶ درصد در ۱۰۰ سـال در عرض‌های ۳۰ تا ۷۰ درجهٔ شـمالی اشاره

کرده اســت، همچنین معتقد است بیشترین افزایش بارش را می‌توان در ۵۵ درجه شمالی جست و جو کرد. قابل اشاره است که سایت های اینترنتی بی شماری امروزه به ارائهٔ اطلاعاتی در زمینه های تغییرات اقلیمی می‌پردازند.

هدف‌ها، سؤال‌ها و فرضیه‌های تحقیق

هــدف های تحقیق را می‌توان مراحل کلی تحقیق به منظور دســتیابی و تحقق آنها بیان نمود (ســرمد و بــازرگان، ۱۳۷۹). هدف کلی این تحقیق بررســی و شناخت تغییرات تصادفی در بارش ایران است .در تغییرات زمانی اقلیم، توجه به تغییرات گرایش‌دار، نوسانات فصلی، تغییرات دوره‌ای، حرکات اتفاقی و پیش بینی های هشدار دهندهٔ عناصر اقلیمی است که در این مقاله فقط به تغییرات تصادفی در بارش اشاره شده است.

سؤال‌های این تحقیق را می‌توان به صورت زیر مطرح ساخت:

۱- بارش ایران را در قالب چه مدل هایی می‌توان بررسی کرد؟

۲- آیا بارش ایران دارای تغییرات تصادفی است؟

فرضیه‌هایی که در این تحقیق مطرح‌اند عبارتند از:

۱- تغییــرات تصادفــی بارش ایران در قالب مدل هــای ثابت و متغیر قابل بررسی‌اند.

۲- بارش ایران با مدل های تصادفی قابل پیش بینی هستند.

متغیرها و مقیاس سنجش آنها

متغیرهــای مورد اســتفاده، متغیرهــای کمی‌اند. این متغیرهــا در قالب متغیرهای مستقل و متغیرهای وابسته مورد سنجش قرارمی‌گیرند. متغیرهای مســتقل مورد استفاده طول دورهٔ ســری بارش می‌باشد و متغیر وابسته سری بارش فصلی و سالانه ایستگاه‌های مختلف می‌باشد. مقیاس موردنظر در قالب مقیاس نسبتی است که با تحلیل‌های آماری پیشرفته قابل بررسی است.

روش، ابزارهای تحقیق و جامعهٔ آماری

در این تحقیق متناســب با نوع و محتوای داده‌ها و چگونگی ســنجش داده‌ها روش تحقیق غیر آزمایشــی که شــامل روش‌های تحقیق پیمایشی از نــوع طولی و تحقیق همبســتگی و تحقیق علّی اســت، اســتفاده شــده اســت. ابزار تحقیق مورد استفاده متناســب با روش‌های تحقیق مورد نظر، مدل‌های ســری‌های زمانی و آماری پیشرفته می‌باشد. در تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای مختلفی مانندSPSS , MINITAB, STATISTICA , MATHCAD 2000 , AXUM.V5 , MATHTYPE , S-PLUS 2000 ، VISO2000 و ... استفاده شده است. جامعهٔ آماری مورد اســتفاده بارش فصلی و ســالانهٔ ایران در طول ۳۵ سال (سال آماری ۱۹۶۵تا۱۹۹۵) است و حجم نمونهٔ پژوهش با توجه به محاسبهٔ قابلیت اعتماد[۱۰] یا پایایی ۱۱۰ ایســتگاه سینوپتیک و اقلیم‌شناسی در سه مرحله به روش آلفای کرونباخ[۱۱] ،۹ ایســتگاه سینوپتیک اصفهان، انزلی، بندرعباس، مشــهد، تبریز، زاهــدان، اهواز، خرم آباد و یزد اســت. در دادن کمیت برای محاسبهٔ ضریب پایایی از روش تصادفی استفاده شده است. داده‌های بارش در طول ۳۵ ســال کامل بوده و نیاز به بازسازی نداشته‌اند. اعتبار[۱۲] سنجش داده‌ها با شاخص‌های متعدد آماری در طول تحقیق اندازه‌گیری شده و برای پیش‌بینی بهترین شرایط سری‌ها درنظر گرفته شده است (جاوری، ۱۳۸۰).

مدل‌های اولیهٔ تغییرات زمانی بارش ایران

در اینجــا مدل[۱۳] یــک توصیف ریاضی – آماری فرایندی اســت که ســری زمانی معینی را ایجاد می‌کند. مــدل توانایی تبیین و پیش‌بینی دارد. همانطوری که اشاره شد دو نوع مدل ثابت و متغیر در مطالعهٔ تغییرات زمانی بارش اســتفاده شــده است. مدل ثابت مدلی اســت که داده‌ها از دوره‌ای به دورهٔ دیگر تغییری نداشته باشند (Armestrong, 1978; Barlow, 1989 & Clichrist, 1976). مفهوم ریاضی آن به صورت زیر مطرح است:

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t \qquad (۱)$$

مدل متغیر مدلی است که داده‌ها از دوره‌ای به دورهٔ دیگر تغییر کنند. مفهوم ریاضی آن به صورت زیر است:

$$\hat{Y}_{t+1} = (1 + C) Y_t \qquad (۲)$$

C در معادلهٔ شــمارهٔ (۲) مقدار تغییر است (Stanton, 1998). با توجه بــه مدل‌های مورد نظر بارش فصلی ایســتگاه‌های انتخابــی ایران در قالب مدل‌های ثابت و متغیر مورد بررسی قرارگرفت.

اندازه گیری دقت پیش بینی

مهمترین مرحله در انتخاب مدل، ارزیابی دقت اندازه گیری[۱۴] است. زیرا بدون اندازه گیری دقت پیش بینی[۱۵]، انتخاب مدل عملی نیست. شاخص‌های متعــددی برای اندازه‌گیــری دقت پیش‌بینی وجــوددارد (Abraham & Ledolter, 1983;Brown, 1959). بعضــی از ایــن شــاخص‌ها عبارتند از:

۱ـ میانگین قدر مطلق خطاها[۱۶]

۲ـ میانگین مربع خطاها[۱۷]

۳ـ ریشهٔ میانگین مربع خطاها[۱۸]

۴ـ درصد میانگین قدرمطلق خطاها[۱۹]

۵ـ ضریب تعیین[۲۰]

۶ـ ضریب نابرابری تایل[۲۱]

۷ـ تجزیهٔ تایل خطای مربع میانگین[۲۲]

میانگین قدرمطلق خطاها

میانگین قدرمطلق خطاها(MAD) اندازه‌گیری دقت پیش‌بینی بوسیلهٔ میانگین‌گیری از دامنهٔ مانده‌هاست. حد کمتر، مدل مطلوب‌تر را نشان می‌دهد (شیوا، ۱۳۷۵)، یعنی:

$$MAD = \frac{\sum |e_t|}{n} \quad (۳)$$

این کمیت ابتدایی‌ترین شاخص برای اندازه‌گیری دقت است و حد کمتر این کمیت مدل مناسب‌تری را ارائه می‌دهد.

میانگین مربع خطاها

میانگین مربع یا مجذور خطاها (MSE) میانگین‌گیری مجذورات مقادیر مطلق مانده‌هاست. حد کمتر این کمیت مدل مطلوب‌تر را نشان می‌دهد. یعنی:

$$MSE = \frac{\sum e_t^2}{n} \quad (۴)$$

ریشهٔ میانگین مربع خطاها

ریشهٔ میانگین مربع خطاها (RMSE) در واقع جذر میانگین مربع خطاهاست و نسبت به شاخص‌های قبلی از اهمیت بیشتری برخوردار است. حد کمتر این کمیت مطلوب بودن مدل را نشان می‌دهد. این شاخص از رابطهٔ زیر بدست می‌آید(شیوا، ۱۳۷۵):

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (۵)$$

درصد میانگین قدرمطلق خطاها

درصد میانگین قدرمطلق خطاها (MAPE) میانگین‌گیری دامنهٔ درصد مانده‌های به‌طور نسبی است. حد کمتر این کمیت مطلوب‌تر بودن مدل را نشان می‌دهد، یعنی:

$$MAPE = \frac{|e_t / y_t|}{n} \times 100 \quad (۶)$$

ضریب نابرابری تایل

ضریب نابرابری تایل (U) یکی از شاخص‌های بسیار مهم برای پیش‌بینی دقت مدل است. این شاخص از معادلهٔ شمارهٔ (۷) به دست می‌آید:

$$U = \frac{\sqrt{\sum e_t^2}}{\sqrt{\sum (Y_t - Y_{t-1})^2}} \quad (۷)$$

تجزیهٔ ضریب تایل

برای تجزیهٔ ضریب تایل باید به سه مؤلفهٔ UM (برای تفاوت در میانگین‌ها)، UR (برای نکویی خط رگرسیون) و UD (برای توزیع بهنجاری سری) توجه کرد. حد مطلوب UM و UR صفر یا نزدیک به صفر است و حد مطلوب UD یک است. برای انجام تجزیهٔ تایل باید معادلات زیر را محاسبه کرد (Stanton, 1989):

$$MSE = \left(\hat{Y} - \bar{Y}\right)^2 + \left(S\hat{y} - rSy\right)^2 + \left(1 + r^2\right) Sy^2 \quad (۸)$$

$$1 = \left[\frac{(\hat{\bar{Y}} - \bar{Y})^2}{MSE}\right] + \left[\frac{(S\hat{y} - rSy)^2}{MSE}\right] + \left[\frac{(1 - r^2)Sy^2}{MSE}\right] \quad (۹)$$

جدول شمارهٔ (۱): شاخص های دقت پیش بینی مدل های بارش فصلی ایران

نام ایستگاه	MAD		MSE		RMSE		MAPE %		U	
مدل	MN	MC	MN	MC	MN	MC	MN	MC	MN	MC
اصفهان	۴/۰۷	۰/۴۷۷	۲۰۷	۳/۲۹	۱۴/۳۸۷	۱/۸۱۴	۳۴/۲	۲/۰۷۱	۱	۰/۰۴۲۵
اهواز	۶۷/۴۴۹۶	۷۶/۵۸	۷۱۷۸/۳۷	۸۴۶۱/۴۴۵	۸۴/۷۲۵	۹۱/۹۸۶	۸۳/۲۸۹	۸۳/۹۶۴	۱	۰/۹۹۲
بندرانزلی	۳۶۶/۶۵۵	۳۶۶/۶۵۸	۲۱۱۵۹۶/۲	۲۱۱۵۹۹/۱	۴۵۹/۹۹۶	۴۵۹/۹۹۹	۸۵/۸۳	۸۶/۸۱	۱	۰/۹۹۹۹
بندرعباس	۶۵/۵۶۷	۰/۰۷۴۸	۱۰۵۷۲/۹۲	۰/۰۳۵۸	۱۰۲/۸۲	۰/۱۸۹	۵۴/۸۴	۲/۰۸	۱	۱/۴۳
تبریز	۶۳/۸۱۴	۶۱/۵۷۳	۶۳۲۵/۸۷	۶۰۹۴/۶۶۵	۷۹/۵۳۵	۷۸/۰۶۸	۶۳/۵۲	۶۲/۹۶۴	۱	۰/۹۸۱۶
خرم آباد	۱۳۴/۹۴	۱۳۵/۶۸	۲۴۹۹۰/۰۶	۲۵۳۰۹/۴	۱۵۸/۰۹	۱۵۹/۰۹	۷۶/۷۵	۷۹/۷۶	۱	۱/۰۰۶۴
زاهدان	۲۷/۸۰۵	۳۷/۳۷۷	۱۶۰۳/۶۶۳	۴۰۴۵/۲۹۶	۴۰/۴۵۸	۶۳/۶۰۳	۸۰/۸۹۴	۹۸/۰۴۲	۱	۱/۵۹
مشهد	۶۶/۱۰۲	۶۶/۹۷۸	۶۲۲۴/۴۵	۶۴۹۱/۵۰۶	۷۸/۸۹۵	۸۰/۵۷	۷۵/۹۲۳	۷۵/۹۲۴	۱	۰/۹۷۴۷
یزد	۱۸/۹۸۶	۱۵/۸۰۲	۷۲۶/۶۸۶	۶۱۹/۵۸	۲۶/۹۵۷	۲۴/۸۹۱	۹۳/۷	۹۰/۰۷	۱	۱/۲۳

جدول شمارهٔ(۲): ضرایب تجزیهٔ تایل بارش فصلی ایران

نام ایستگاه	ضرایب تجزیهٔ تایل در مدل ثابت			ضرایب تجزیهٔ تایل در مدل متغیر		
	UM %	UR %	UD %	UM %	UR %	UD %
اصفهان	۰/۰	۵۰/۷	۴۹/۳	۹۰	۲	۸
اهواز	۰/۰	۴۹/۵۵	۵۰/۵۴	۱	۴۷/۹	۵۱/۱
بندرانزلی	۰/۰۰۱۱	۵۰/۷۹۷۲	۴۹/۲۰۱۷	۰/۰	۵۰/۸	۴۹/۲
بندرعباس	۰/۰	۱/۴	۹۸/۶	۲	۵۰/۸	۴۷/۲
تبریز	۰/۰	۵۵/۱۸۴	۴۴/۸۱۶	۰/۰۵۲	۵۰/۸۴۸	۴۹/۱
خرم آباد	۰/۰	۱۲/۶	۸۷/۴	۰/۰۴	۵۰/۴۸	۴۹/۴۸
زاهدان	۰/۰	۸۱/۸	۱۸/۲	۵/۰۴۶	۷۶/۲۶۶	۱۸/۶۸۸
مشهد	۰/۰	۴۷/۲	۵۲/۸	۰/۰۳	۴۹/۹۴	۵۰/۰۳
یزد	۰/۰۰۰۲۸	۵۲/۰۴۹۸	۴۷/۹۵	۱/۷۲۵	۴۲/۴۳	۵۵/۸۴۵

جدول شمارهٔ (۳): مدل های پیشنهادی برای بارش فصلی ایستگاه‌های ایران

نام ایستگاه	مدل پیشنهادی برای پیش بینی
اصفهان	متغیر
اهواز	متغیر
بندرانزلی	متغیر
بندرعباس	ثابت
تبریز	متغیر
خرم آباد	ثابت
زاهدان	ثابت
مشهد	متغیر
یزد	ثابت

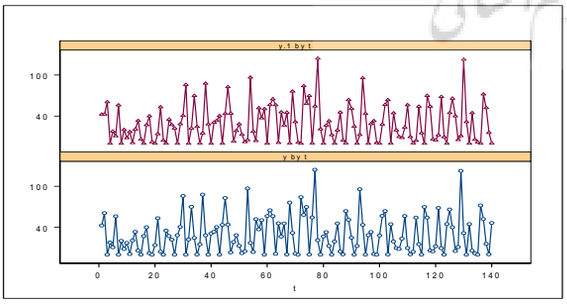
با توجه به جدول شمارهٔ (۱) برای بعضی از ایستگاه‌ها تفاوت عمده‌ای بین دو مدل وجود ندارد، ولی بعضی از ایستگاه‌ها تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. بر این اساس می‌توان برای بارش ایستگاه‌های انتخابی ایران مدل‌های زیر را پیشنهاد کرد:

جدول شمارهٔ (۳) فقط مدل‌های پیشنهادی را برای ایستگاه‌ها مشخص می‌کند. برای تحلیل مطلوب بودن مدل‌های پیش‌بینی بارش فصلی ایران لازم است جدول شمارهٔ (۲) را تحلیل نمود. با توجه به جدول شمارهٔ (۲) مدل‌های پیش‌بینی بهنجار بارش ایستگاه‌های انتخابی ایران را می‌توان پیشنهاد نمود. جدول شمارهٔ ۴ مدل های پیش بینی بهنجار بارش فصلی ایران را نشان می‌دهد:

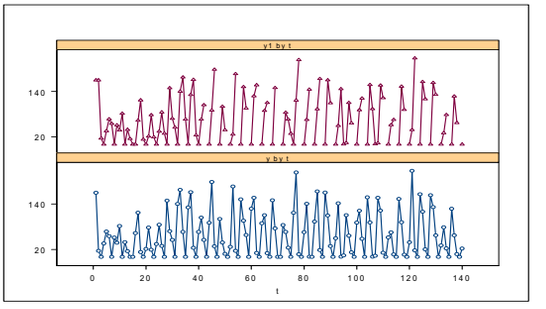
جدول شمارهٔ (۴): مدل های پیش بینی شرایط بهنجار برای ارزیابی بارش فصلی ایران

نام ایستگاه	مدل پیش‌بینی شرایط بهنجار
اصفهان	مدل ثابت پیشنهاد می‌شود .
اهواز	تفاوت زیادی بین دو مدل وجود ندارد
بندر انزلی	تفاوت زیادی بین دو مدل وجود ندارد .
بندرعباس	مدل ثابت پیشنهاد می‌شود .
تبریز	مدل متغیر پیشنهاد می‌شود .
خرم آباد	مدل ثابت پیشنهاد می‌شود .
زاهدان	تفاوت زیادی بین دو مدل وجود ندارد .
مشهد	مدل ثابت پیشنهاد می‌شود .
یزد	مدل متغیر پیشنهاد می‌شود .

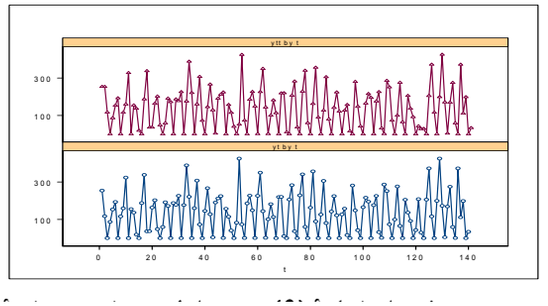
با توجه به تحلیل مدل‌های بارش فصلی ایران برای سری‌های پیش‌بینی شده از نمودارهای شمارهٔ ۱تا ۹ استفاده شده است:



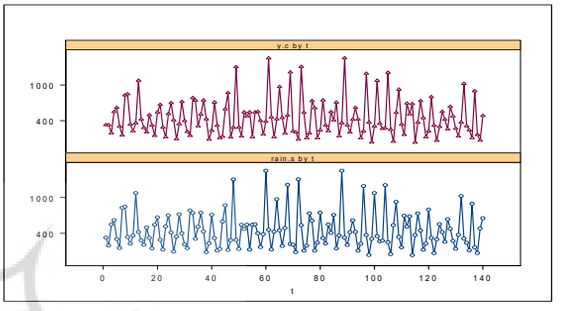
نمودار شمارهٔ (۱): سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی اصفهان با مدل ثابت



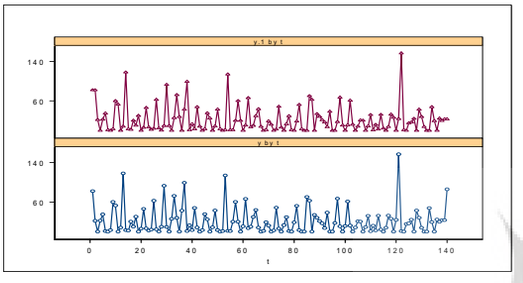
نمودار شمارهٔ (۲): سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی اهواز با مدل متغیر



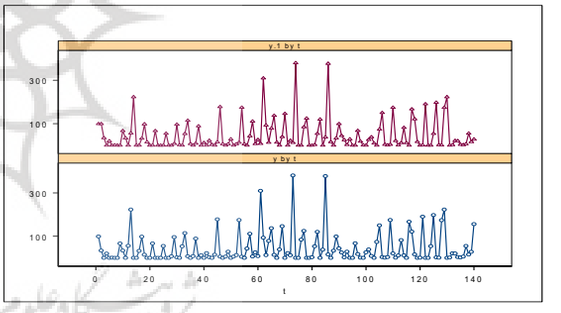
نمودار شمارهٔ (۶) : سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی خرم آباد با مدل ثابت



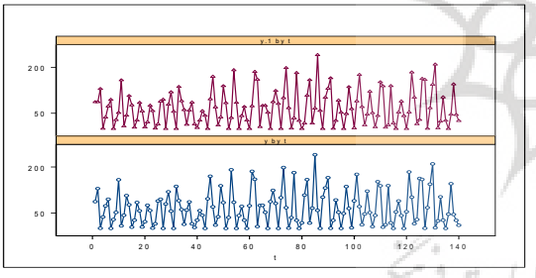
نمودار شمارهٔ (۳): سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی بندرانزلی با مدل متغیر



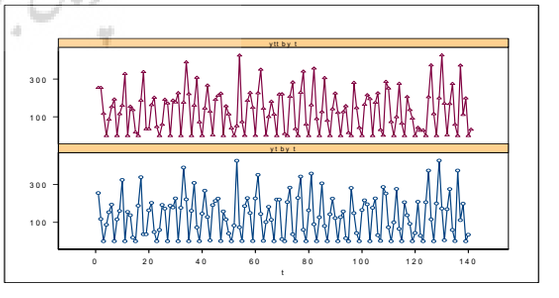
نمودار شمارهٔ (۷): سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی زاهدان با مدل ثابت



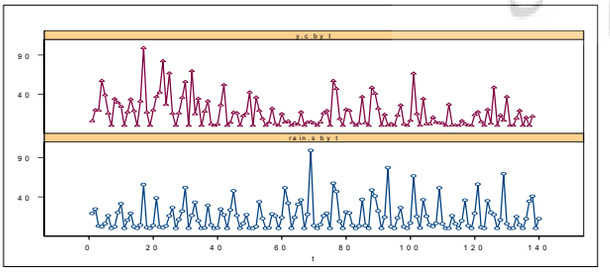
نمودار شمارهٔ (۴): سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی بندرعباس با مدل ثابت



نمودار شمارهٔ (۸): سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی مشهد با مدل ثابت



نمودار شمارهٔ (۵) : سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی تبریز با مدل متغیر



نمودار شمارهٔ (۹): سری اولیه و پیش بینی شدهٔ بارش فصلی یزد با مدل متغیر

پیش‌بینی دمای ایران با مدل‌های تصادفی

ساده‌ترین شکل پیش‌بینی سری‌های تصادفی با توجه به طول دوره برآورد مقدار میانگین یک سری می‌باشد. این برآورد برای آینده پیش‌بینی می‌شود. یک فرایند تصادفی[۲۳] را می‌توان بصورت یک موضوع آماری که بر طبق قوانین احتمالی در زمان تکامل پیدا می‌کند، بیان کرد (افشین نیا۱۳۷۲). فرایندهای ایستا مؤلفهٔ مهمی از فرایندهای تصادفی را تشکیل می‌دهند. مشخصه‌های مدل سادهٔ بدون روند سطح ثابت میانگین سری و عنصر تصادف[۲۴] هستند(Stanson, 1989; Thomopoalos, 1980 & Stanfford, 2000). یعنی:

$$Y_t = \beta_o + \varepsilon_t \qquad (۱۰)$$

سطح متوسط سری و مقدار خطا می‌باشد. ماهیت حرکات نامنظم یا خطاها بستگی به کاربرد ویژهٔ آن دارد. قبل از بررسی باید در استفاده از مدل‌های تصادفی تصمیم‌گیری نمود.

تصمیم گیری برای کاربرد مدل‌های تصادفی

برای تصمیم‌گیری مدل‌های تصادفی بارش ایران لازم است از آزمون‌های آماری استفاده شود. چون تصادفی بودن[۲۵] سری‌ها علل متعددی دارند، لذا از آزمون آماری استفاده می‌شود. آزمون‌های صفر مسئله ایستایی بودن سری را ممکن است حل کند ولی برای مدل‌های تصادفی باید از آزمون‌های دیگر نیز استفاده کرد. در این راستا آزمون‌های عاملی و ناعاملی[۲۶] برای ایستایی و تصادفی بودن سری‌ها استفاده می‌شود (Stenchikov, 1999; Trenberth, 1999 & Howell, 1989).

آزمون‌های ناعاملی برای ایستایی و تصادفی بودن بارش ایران

این آزمون‌ها را به این معنی که برخی از ویژگی‌های توزیع جامعه، آزاد یا مستقل هستند، توزیع آزاد[۲۷] می‌نامند. نکات لازم برای استفاده از آزمون‌های ناعاملی عبارتند از:

۱ـ آیا توزیع متغیرهای وابسته از شکل بهنجار انحراف داشته‌اند.

۲ـ آیا نمونه های مورد استفاده مستقل هستند یا همبسته

۳ـ آیادر سری رتبهٔ اطلاعاتی استفاده می‌شود و ...

با توجه به معیارهای اشاره شده بارش سالانه و فصلی با استفاده از نمودار بافت‌نگار برای سنجش بهنجاری آنها استفاد شد. براساس بررسی بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی توزیع بهنجار نداشته‌اند، لذا از آزمون‌های ناعاملی برای تصادفی بودن بارش فصلی ایستگاه‌ها استفاده شد (جاوری، ۰۸۳۱).

آزمون توالی

آزمون توالی[۲۸] بر اساس دقتی است که یک سری زمانی با مقادیر خطای مستقل نسبت به میانهٔ سری که نوسان دارند، محاسبه می‌شود. برای محاسبهٔ این آزمون از معادلات زیر باید استفاده کرد(Stanson, 1989):

$$Z = \frac{|R - \mu_R|}{\sigma_R} \qquad (۱۱)$$

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{m(m-1)}{2m-1}} \qquad (۱۲)$$

R تعداد توالی در سری تصادفی، تعداد قابل انتظار توالی و انحراف معیار تعداد توالی است.

قاعدهٔ آزمون

سری بدون روند با مانده‌های مستقل است $=H_O$ ، یعنی:

$$Y_t = \beta_0 + \varepsilon_t$$

سری دارای روند و مانده های خودهمبسته است $= H_a$ ، یعنی:

$$Y_t = \beta_0 + \varepsilon_t$$

قاعدهٔ تصمیم گیری

$$\text{Re } ject : H_0 if \ |Z| > Z_{\alpha/2.}$$

آزمون توالی برای بارش فصلی ایران بکار گرفته شد. معیارهای آزمون توالی برای بارش ایران در جدول زیر تنظیم شده است:

جدول شمارهٔ (۵): معیارهای آزمون توالی برای بارش فصلی ایران

نام ایستگاه	مبناء سنجش (میانه)	حالات کمتر از مبناء	حالات مساوی یا بیشتر از مبناء	کل حالات	تعداد توالی	Z	سطح معنی داری(اطمینان)
اصفهان	۲۲/۲	۷۰	۷۰	۱۴۰	۶۹	-۰/۳۳۹	۰/۷۳۴
اهواز	۳۷/۶۵	۷۰	۷۰	۱۴۰	۶۸	-۰/۱۰۳	۰/۸۶۵
بندرانزلی	۳۷۰/۲۵	۷۰	۷۰	۱۴۰	۷۰	-۰/۱۷	۰/۸۶۵
بندرعباس	۱۲/۷	۷۰	۷۰	۱۴۰	۷۱	۰	۱
تبریز	۷۱/۸	۷۰	۷۰	۱۴۰	۷۸	۱/۱۸۷	۰/۲۳۵
خرم آباد	۱۲۷/۱۵	۷۰	۷۰	۱۴۰	۷۲	۰/۱۷	۰/۸۶۵
زاهدان	۱۰/۶	۶۹	۷۱	۱۴۰	۷۵	۰/۶۸۱	۰/۴۹۶
مشهد	۸۴۹۹۹/۵۴	۷۰	۷۰	۱۴۰	۷۰	-۰/۱۷	۰/۸۶۵
یزد	۹/۱	۷۰	۷۰	۱۴۰	۷۱	۰	۱

با توجه به جدول شمارهٔ (۵) چون مقادیر Z از حد مورد نظر کمتر است، یعنی نمرهٔ Z تمام ایستگاه‌های انتخابی ایران کمتراز ۱/۶۴۵ است، بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود و نتیجه گرفته می‌شود که با احتمال ۹۵ درصد اطمینان سری‌های فصلی بارش ایران بدون روند هستند و با مدل‌های بدون روند مستقل قابل پیش‌بینی‌اند (جاوری،۱۳۸۰).

آزمون نقاط چرخش

از دیگر آزمون‌های ناعاملی آزمون نقاط چرخش[۲۹] است که برای تصادفی بودن سری‌ها استفاده می‌شود. برای محاسبهٔ آزمون نقاط چرخش از معادلهٔ زیر می‌توان استفاده کرد (Stanton,1989):

$$Z = \left| \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} \right| \qquad (۱۳)$$

U تعداد نقاط چرخش یک سری، μ_U تعداد قابل انتظار نقاط چرخش و s_U انحراف معیار نقاط چرخش است.

قاعدهٔ آزمون

H_0 = سری نوعی سری بدون روند تصادفی است

H_a = سری یا یک سری روندار است یا مانده های خودهمبسته دارد

قاعدهٔ تصمیم گیری

$$\text{Re } ject : H_0 if \left|Z\right| > Z_{\alpha/2}$$

جدول شمارهٔ (۶) وضعیت بارش فصلی ایران را از این نظر نشان می‌دهد.

جدول شمارهٔ ۶ : نمرهٔ Z آزمون نقاط چرخش بارش فصلی ایستگاه های انتخابی ایران

نام ایستگاه	اصفهان	اهواز	بندرانزلی	بندرعباس	تبریز	خرم آباد	زاهدان	مشهد	یزد
نمرهٔ Z	۲/۸۲	۴/۰۳۶	۳/۲۲۶	۳/۰۲۷	۱/۴۱۲	۳/۶۴	۳/۲۲۸	۴/۶۴۱	۴/۰۳۶

با توجه به نمرات Z آزمون نقاط چرخش بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران چون تمامی نمرات (بجز سری فصلی تبریز) از حد نمرهٔ معیار بیشتر هستند، یعنی نمرات Z بارش فصلی ایران بیشتر از ۱/۹۶ می‌باشند، بنابراین فرض صفر رد می‌شود و با احتمال ۹۵ درصد اطمینان نتیجه گرفته می‌شود که سری‌های بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران بدون روند هستند و با مدل‌های بدون روند مستقل (تصادفی) قابل پیش‌بینی هستند وسری تبریز با مدل روندار قابل پیش بینی است (جاوری، ۱۳۸۰).

آزمون نشانه

یکی دیگر از آزمون‌های ناپارامتری آزمون نشانه[۳۰] یا علامت است. این آزمون با استفاده از تفاضلات اولیهٔ سری، مدل پیش بینی را تعیین می‌کند. برای محاسبهٔ این آزمون می‌توان از معادلهٔ زیر استفاده نمود (Stanton, 1989):

$$Z = \frac{V - \mu_V}{\sigma_V} \qquad (۱۴)$$

که V تعداد تفاوت اولیهٔ مثبت در سری، تعداد قابل انتظار تفاوت اولیهٔ مثبت و انحراف معیار تعداد تفاوت اولیهٔ مثبت سری است.

قاعدهٔ آزمون

سری بدون روند است و فراز و فرود متوالی دارد:

سری روند صعودی یا نزولی دارد:

قاعدهٔ تصمیم گیری

$$\text{Re } ject : H_0 if \left|Z\right| > Z_{\alpha/2}$$

جدول ذیل وضعیت بارش فصلی ایران با توجه به آزمون نشانه را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول شمارهٔ (۷)، چون تمام نمرات Z سری‌های بارش فصلی ایران از حد معیار کمتر است، یعنی نمرات از ۹۶/۱ کوچکترند، بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود و با احتمال ۹۵ درصد اطمینان نتیجه گرفته می‌شود که سری‌های بارش فصلی ایستگاه های انتخابی ایران روند ندارند و با مدل‌های افقی قابل پیش بینی هستند (جاوری، ۱۳۸۰) .

آزمون دنیلس

یکی از مهمترین آزمون‌های ناپارامتری، آزمون دنیلس[۳۱] است. این آزمون بر اساس ضریب همبستگی اسپیرمن است و مانند همبستگی کندال است. این آزمون برای سنجش روند می‌باشد. برای محاسبهٔ این آزمون از معادلهٔ زیر می‌توان استفاده نمود (Draper & Smith 1981):

$$Z = \frac{r_s - \mu_{rs}}{\sigma_{rs}} \qquad (۱۵)$$

که

r_S همبستگی سری، m_s میانگین سری و s_{rs} انحراف معیار سری در قالب آزمون است.

قاعدهٔ آزمون

سری روند ندارد: H_0

سری دارای روند است: H_a

قاعدهٔ تصمیم گیری

$$\text{Re}ject: H_0 if |Z| > Z_{a/2}$$

متناسب با آزمون دنیلس وضعیت بارش فصلی ایران در جدول شمارهٔ (۸) مشخص شده اســت. با توجه به جدول شمارهٔ (۸)، چون تمامی نمرات آزمون دنیلس از حد معیار کمتر هســتند، یعنی نمــرات از ۱/۹۶ کوچکترند، بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود و با احتمال ۹۵ درصد اطمینان نتیجه گرفته می‌شود که ســری‌های فصلی بارش ایستگاه‌های انتخابی ایران بدون روند هستند و برای پیش‌بینی باید از مدل‌های بدون روند استفاده کرد (جاوری، ۱۳۸۰).

جدول شمارهٔ (۷): نمرات Z آزمون نشانهٔ بارش فصلی ایستگاه های انتخابی ایران

نام ایستگاه	اصفهان	اهواز	بندرانزلی	بندرعباس	تبریز	خرم آباد	زاهدان	مشهد	یزد
نمرهٔ Z	۰/۵۰۷	۱/۸۸	۰/۵۰۷	۱/۵۶۷	۱/۳۵۷	۰/۱۷۰	۰/۱۷۲	۰/۶۸۹	۰/۱۷۰

جدول شمارهٔ (۸) : نمرات Z آزمون دنیلس برای بارش فصلی ایستگاه های انتخابی ایران

نام ایستگاه	اصفهان	اهواز	بندرانزلی	بندرعباس	تبریز	خرم آباد	زاهدان	مشهد	یزد
نمرهٔ Z	۰/۵۹	۰/۳۱۹	۰/۴۹۵	۱/۱۴۴	۱/۷۹۴	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۳۱۸	۰/۵۹

آزمون تاو کندال

آزمون تاو کندال[۳۲] از ضریب همبســتگی کندال بدست می‌آید. این آزمون برای ســنجش روند (صعودی و نزولی) استفاده می‌شود;(King, 1969 Mahdavi, 1375). برای محاســبهٔ این آزمون در نمونه‌های بزرگ از معادلهٔ زیر می‌توان استفاده نمود(Stanton, 1989):

$$Z_t = \frac{t - m_t}{s_t} \quad (۱۶)$$

t ضریب کندال، m_t میانگین ســری و s_t انحراف معیار در قالب آزمون تاو کندال است.

قاعدهٔ آزمون

سری بدون روند تصادفی است: H_0

سری دارای روند (صعودی و نزولی) است: H_a

قاعدهٔ تصمیم گیری

$$\text{Re}ject: H_o if |Z_t| > Z_{a/2}$$

متناســب با آزمون مذکور وضعیت بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران را می‌توان در جدول شمارهٔ (۹) مشاهده نمود.

با توجه به جدول شــمارهٔ (۹)، چون تمامی نمرات (بجزء سری تبریز) از حد معیار کمتر هســتند، یعنی نمرات از ۱/۹۶ کوچکتر هستند لذا فرض صفر رد نمی‌شود و نتیجه گرفته می‌شود که با احتمال ۹۵ درصد اطمینان سری‌های بارش فصلی ایســتگاه‌های انتخابی (بجز ســری تبریز) بدون روند هســتند و بــا مدل‌هــای بدون روند قابل پیش بینی می‌باشــند. یــادآوری این نکته ضروری است که سری فصلی تبریز بعنوان یک سری رونددار در نظر گرفته می‌شود(جاوری،۱۳۸۰).

جدول شمارهٔ (۹) : نمرات Z آزمون تاو کندال برای بارش فصلی ایستگاه های انتخابی ایران

نام ایستگاه	اصفهان	اهواز	بندرانزلی	بندرعباس	تبریز	خرم آباد	زاهدان	مشهد	یزد
نمرهٔ Z	۰/۶۶۷	۰/۳۵۱	۰/۴۹۱	۱/۷۰۲	۱/۹۱۲	۰/۰۳۸۷	۰/۱۰۵	۰/۴۷۴	۱/۸۵۱

آزمون های عاملی برای ایستایی و تصادفی بودن بارش ایران

تفاوت عمده‌ای بین آزمون‌های عاملی با ناعاملی این اســت که آزمون‌های عاملــی توزیــع داده‌ها باید بهنجار باشــد. بــه طور کلی آزمــون فرض در تحلیل‌هــای عاملی به تحلیــل پارامترهای جامعهٔ آماری می‌پــردازد. چون ســری سالانهٔ بارش ایســتگاه‌های انتخابی توزیع بهنجار داشته‌اند، بنابراین برای سری سالانهٔ بارش ایران از آزمون‌های عاملی استفاده شد.

آزمون نسبت وان نیومن

یکی از آزمون‌های سنجش ایستایی یا تصادفی بودن سری‌ها آزمون وان نیومن[۳۳] است، یعنی:

$$M = \frac{SS_{Dy}}{SS_{yy}} \quad (۱۷)$$

SS_{Dy} میانگین مربع تفاوت‌های اولیه و SS_{yy} واریانس ساده سری است.

قاعدهٔ آزمون

سری تصادفی و ایستایی است: H_o

سری یاناایستا یا ماندههای همبسته دارد: H_a

قاعدهٔ تصمیم گیری

$$\text{Re}\,ject : H_o if M < M_{1-\,a/2}$$

وضعیت سریهای بارش سالانه ایران از نظر آزمون نسبت وان نیومن در جدول شمارهٔ (۱۰) تنظیم شده است.

با توجه به جدول شمارهٔ (۱۰) چون تمامی مقادیر نسبت وان نیومن (بجز سری تبریز) از حد معیار بزرگتر هستند، یعنی ضرایب آزمون وان نیومن از ۱/۴۵۸ بزرگترند، بنابراین فرض صفر رد نمیشود و با احتمال ۹۵ درصد اطمینان نتیجه گرفته میشود که بارش سالانه ایستگاههای انتخابی ایران بدون روند هستند و چون مقدار ضرایب بین ۱/۴۵۸ و ۲/۵۴۲ هستند، نتیجه گرفته میشوند که سریهای سالانه بارش ایستگاههای انتخابی ایران با مدلهای ایستایی و تصادفی قابل پیش بینیاند. شایان ذکر است که بارش سالانه تبریز بعنوان یک سری روند دار مشخص میشود (جاوری،۱۳۸۰).

جدول (۱۰) : نسبت آزمون وان نیومن برای بارش سالانه ایستگاه های انتخابی ایران

نام ایستگاه	اصفهان	اهواز	بندرانزلی	بندر عباس	تبریز	خرم آباد	زاهدان	مشهد	یزد
مقدارM	۲/۰۰۰۳	۱/۹۹۳	۲/۱۹	۲/۰۵	۱/۴۵۸	۲/۰۵۲	۱/۷۷	۱/۸۸	۲/۰۷۵

تابع خودهمبستگی

وقتی استقلال در یک سری زمانی وجود دارد، ضریب همبستگی بین یکسری به طور متوالی مورد توجه قرارمیگیرد. قابل توجه است که برای یکسری ایستا بدون نوسانات فصلی یا خودهمبستگیها (ماندهها تصادفی باشند) تمامی صفرند (یا از صفر در وقفههای نزدیک تفاوت حاصل میشود). وقتی ضرایب خودهمبستگی ساده در وقفههای مختلف اندازهگیری و ترسیم میشوند، معمولاً تابع خودهمبستگی ساده[۳۴] نامیده میشود که به اختصار (acf) نشان میدهند(فاطمی قمی، ۱۳۷۳). برای محاسبهٔ ضریب خودهمبستگی ساده در طول وقفهها از معادلهٔ زیر میتوان استفاده کرد:

$$r_k = \frac{\left(Y_{t-k}-\overline{Y}\right)\left(Y_i-\overline{Y}\right)}{\left(Y_i-\overline{Y}\right)^2} = \frac{\left(Y_{t-k}-\overline{Y}\right)}{SS_{yy}} \qquad (۱۸)$$

Y_{t-k} دادهها با وقفههای معین، $\overline{Y}$ میانگین سری است.

قاعدهٔ آزمون

$$H_o : r_k = 0$$

$$H_a : r_k \neq 0$$

قاعدهٔ تصمیمگیری

$$\text{Re}\,ject : H_o if \left|r_k\right| > 2/\sqrt{n}$$

با توجه به آزمون وضعیت بارش سالانهٔ ایستگاههای انتخابی ایران در جدول شمارهٔ (۱۱)تنظیم شده است.

با توجه به جدول شمارهٔ (۱۱) چون تمامی ایستگاهها (بجز ایستگاه تبریز) مقادیر ضرایب تابع از حد معیار کوچکتر هستند، یعنی مقادیر تابع خودهمبستگی از ۰/۳۳۸ کوچکتر هستند، لذا فرض صفر رد نمیشود و با احتمال ۹۵ درصد اطمینان نتیجه گرفته میشود که سریهای بارش سالانه ایستگاههای انتخابی ایران با مدلهای بدون روند تصادفی قابل پیشبینی هستند. ایستگاه تبریز چون مقدار تابع از حد معیار بزرگتر است، لذا فرض صفر رد میشود و با احتمال ۹۵ درصد اطمینان نتیجه گرفته میشود که سری بارش سالانه تبریز با مدلهای روند دار قابل پیشبینی است (جاوری،۱۳۸۰) .

جدول شمارهٔ (۱۱) : ضرایب آزمون تابع خودهمبستگی بارش سالانه ایران

نام ایستگاه	اصفهان	اهواز	بندرانزلی	بندرعباس	تبریز	خرم آباد	زاهدان	مشهد	یزد
acf	۰/۲۹۳	۰/۳۱۶	۰/۱۴۵	۰/۱۷۴	۰/۳۹۳	۰/۲۹۶	۰/۳۳	۰/۲۲۷	۰/۲۲۹

مدلهای پیش بینی مستقل سری تصادفی بارش ایران

برای پیش بینی سری تصادفی دمای ایران از معیارهای زیر استفاده میشود:

۱ـ میانگین خطای صفر[۳۵]

۲ـ فراوانی معادل[۳۶]

۳ـ میان دامنهٔ ساده یا حداقل– حداکثر معیار[۳۷]

۴ـ حداقل میانگین مطلق انحراف[۳۸]

۵ـ کمترین مربعات[۳۹]

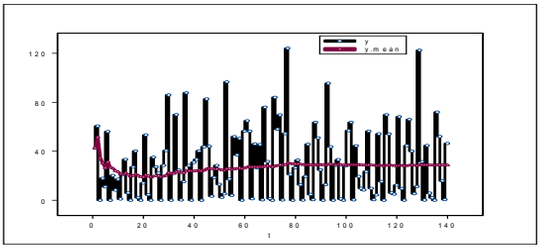
با توجه به مدلهای پیشبینی مستقل سریهای تصادفی سنجش نکویی برازش و پیشبینی در قالب سه مدل کلی برای سریهای بارش

ســالانه ایســتگاه‌های ایران انجام گرفت. ســنجش مدل‌های پیش‌بینی در جدول شمارهٔ (۱۲) تنظیم شده است :

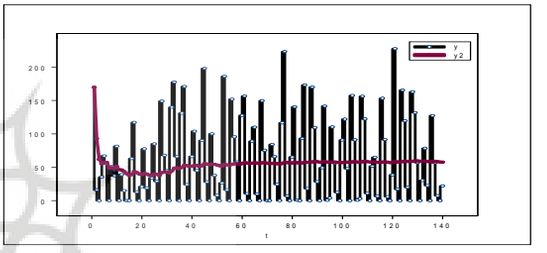
جدول شمارهٔ (۱۲): سنجش وضعیت مدل‌های تصادفی بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران برای انتخاب بهترین مدل پیش بینی

نام ایستگاه	پیش بینی مدل تصادفی بارش فصلی ایران بر مبنای میانگین					
	مبنای سنجش	MAD	MSE	RMSE	MAPE %	MAX et
اصفهان	۲۸/۷۲	۲۲/۸۳	۷۷۲/۷۹۷	۲۷/۸	۷۰	۹۵/۳۸
اهواز	۲۲۸/۲۶۳	۶۳/۰۶۱	۶۲۸۴/۱۹۴	۷۹/۲۷۳	۳۸/۲۵۸	۱۸۲/۰۳۷
بندر انزلی	۴۴۵/۱۳۵	۲۴۱/۱۶۷	۹۵۹۳۷/۲۴	۳۰۹/۷۴	۹۳/۵	۱۰۰۴/۴۶۵
بندرعباس	۴۴/۹۶۹	۵۱/۰۳	۵۱۱۸/۶۶۳	۷۱/۵۴۵	۲۶/۸۸۲	۳۳۵/۰۳۱
تبریز	۷۶/۳۷۱	۴۲/۵۶۶	۲۸۴۴/۴۸۶	۵۳/۳۳	۴۸/۴۳۳	۱۶۲/۸۳
خرم آباد	۱۳۰/۵	۹۳/۶	۲۵۳۰۹/۴	۱۵۹/۰۹	۷۱/۷۲	۲۹۴/۹
زاهدان	۲۱/۴۲۶	۲۰/۰۰۴	۷۵۷/۳۶	۲۷/۵۲	۶۳/۵۱	۱۳۵/۲۷
مشهد	۶۵/۵۵۳۷	۴۷/۰۰۸	۳۲۸۶/۴۲۳	۵۷/۳۲۷	۵۴/۴۱۲	۱۷۴/۶۴۶
یزد	۱۵/۲۴۳	۱۴/۱۲۲	۳۴۷/۶۵۳	۱۸/۶۴۵	۴۸/۹۸	۳/۶۱۹
سنجش وضعیت مدل‌های تصادفی بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران برای انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی						
نام ایستگاه	سنجش مدل تصادفی بارش فصلی ایران با مبنای فراوانی معادل					
اصفهان	۲۲/۲	۲۲/۴۱۵	۸۱۵/۳۱۷	۲۸/۵۵	۶۱/۶۷	۱۰۱/۹
اهواز	۲۳۴/۱	۶۲/۸۹۴	۶۳۱۸/۲۶۶	۷۹/۴۸۷	۳۹/۱۶۳	۱۷۶/۲
بندرانزلی	۳۷۰/۲۵	۲۳۳/۹۴۲	۱۰۱۵۴۵	۳۱۸/۶۶۱	۸۹/۰۲	۱۰۷۹/۳۵
بندرعباس	۱۲/۷	۴۲/۶۴۷	۶۱۵۹/۹۲۴	۷۸/۴۸۵	۴۹/۳۶۹	۳۶۷/۳
تبریز	۷۱/۸	۴۲/۴۵۵	۲۸۶۵/۳۷۷	۵۳/۵۳	۴۸/۳۵۹	۱۶۷/۴
خرم آباد	۱۲۷/۱۵	۹۳/۵۶	۱۲۴۰۹/۹۱	۱۱۱/۴	۷۳/۵۸	۲۹۸/۲۵
زاهدان	۱۰/۶	۱۸/۵۹	۸۷۴/۵۵۶	۲۹/۵۷۳	۶۴/۲۷۲	۱۴۶/۱
مشهد	۵۴/۸۵	۴۶/۲۸۱	۳۴۰۰/۹۹۳	۵۸/۳۱۸	۵۶/۴۶۱	۱۸۵/۳۵
یزد	۹/۱	۱۳/۵۳۵	۳۸۵/۳۹۶	۱۹/۶۳۱	۴۱/۰۳	۱/۷۵۸
سنجش مدل‌های تصادفی بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران برای انتخاب بهترین مدل پیش بینی						
نام ایستگاه	پیش بینی مدل تصادفی بارش فصلی ایران بر مبنای میان دامنهٔ سری					
اصفهان	۶۲/۰۵	۳۸/۲۶۶	۱۸۸۳/۶۴	۴۳/۴	۵۰/۶۴	۶۲/۰۵
اهواز	۲۴۱/۶	۶۳/۲۵۱	۶۴۶۲/۰۷۳	۸۰/۳۸۷	۴۰/۵۷	۱۶۸/۷
بندرانزلی	۷۴۱/۲	۳۸۰/۰۰۴	۱۸۳۵۹۱/۷	۴۲۸/۴۷۶	۹۴	۷۰۸/۴
بندرعباس	۱۹۰	۱۵۳/۱۷۶	۲۶۱۵۲/۷۸	۱۶۱/۷۱۸	۱۰/۹۳	۱۹۰
تبریز	۱۱۹/۵	۵۸/۸۹۶	۴۷۰۴/۶۲۱	۶۸/۵۹	۶۱/۳۲۴	۱۱۹/۷
خرم‌آباذ	۲۱۲/۷	۱۱۵/۶۸	۱۹۱۵۵/۷۷	۱۳۸/۴	۵۴/۳۸	۲۱۲/۷
زاهدان	۷۸/۳۵	۵۹/۷۸	۳۹۹۷/۷۳	۶۳/۲۲۷	۸۵/۹۹	۷۸/۳۵
مشهد	۱۲۰/۱	۷۰/۱۸۴	۶۲۶۱/۷۲۱	۷۹/۱۳۱	۷۱/۱۹۳	۱۲۰/۱
یزد	۱۵/۴۵	۱۴/۱۶۴	۳۴۷/۷	۱۸/۶۴۷	۴۹/۴۱	۳/۶۸۲

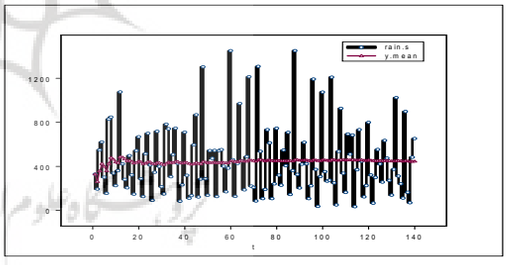
با توجه به جدول شمارهٔ (۱۲)، برای تمام سری‌های بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران (بجز سری خرم‌آباد) بهترین مدل پیش بینی سری تصادفی، مدل پیش بینی بارش فصلی بر مبنای میانگین‌هاست.



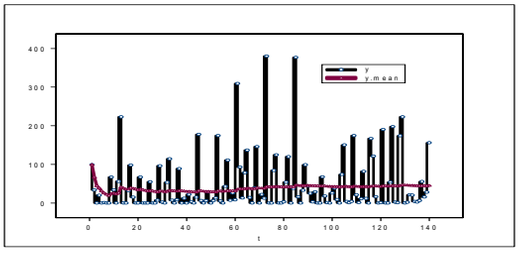
نمودارشمارهٔ (۱۰): پیش بینی سری تصادفی بارش اصفهان با مدل میانگین



نمودارشمارهٔ (۱۱): پیش بینی سری تصادفی بارش اهواز با مدل میانگین

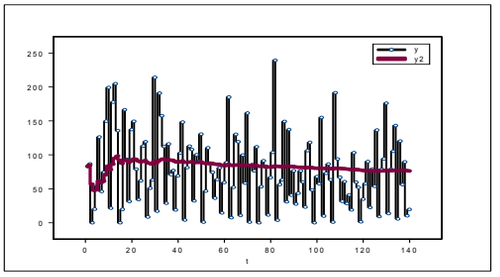


نمودارشمارهٔ (۱۲): پیش بینی سری تصادفی بارش بندرانزلی با مدل میانگین

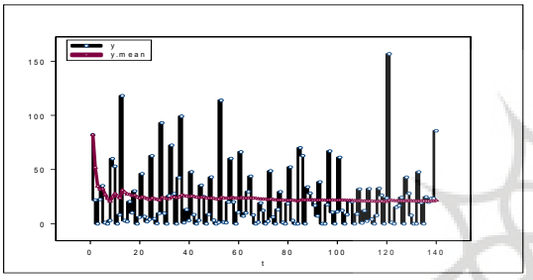


نمودارشمارهٔ (۱۳): پیش بینی سری تصادفی بارش بندرعباس با مدل میانگین

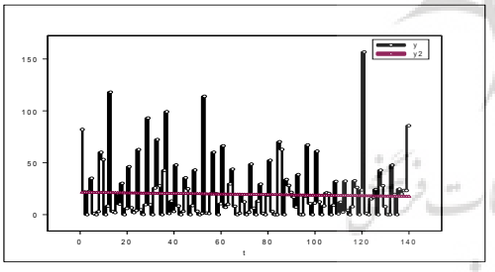
برای سری بارش فصلی خرم‌آباد مدل پیش بینی فراوانی معادل پیشنهاد می‌شود نمودارهای شمارهٔ (۱۰) تا (۱۸) سری‌های پیش بینی بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران را نشان می‌دهند :



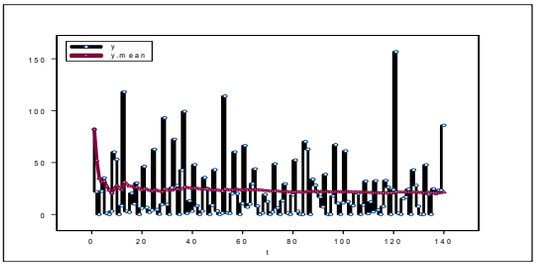
نمودارشمارهٔ (۱۴): پیش بینی سری تصادفی بارش تبریز با مدل میانگین



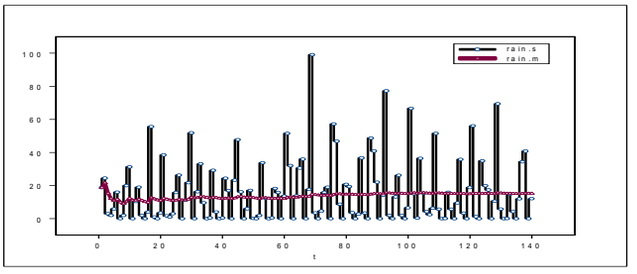
نمودارشمارهٔ (۱۵): پیش بینی سری تصادفی بارش خرم آباد با مدل فراوانی معادل



نمودارشمارهٔ (۱۶): پیش بینی سری تصادفی بارش زاهدان با مدل میانگین



نمودارشمارهٔ (۱۷): پیش بینی سری تصادفی بارش مشهد با مدل میانگین



نمودارشمارهٔ (۱۸): پیش بینی سری تصادفی بارش یزد با مدل میانگین

یافته‌های تحقیق

در تحلیل تغییرات تصادفی بارش ایران از مدل‌های مختلفی استفاده شد. بارش فصلی ایستگاه‌های انتخابی ایران دارای تغییرات تصادفی‌اند و همچنین بارش سالانهٔ ایستگاه‌های انتخابی ایران به غیراز سری بارش سالانهٔ تبریز دارای تغییرات تصادفی‌اند. سری بارش سالانهٔ تبریز بعنوان سری بدون تغییرات تصادفی مشخص شد. (نقشهٔ شمارهٔ ۱).

در تحلیل و سنجش مدل‌های تغییرات تصادفی از مدل میانگین‌ها برای تمامی ایستگاه‌ها به غیر از سری بارش سالانهٔ خرم‌آباد استفاده شد و با مدل مذکور سری‌های بارش ایستگاه‌ها مورد پیش‌بینی قرارگرفت. سری بارش خرم‌آباد با مدل فراوانی معادل مورد تحلیل و پیش بینی قرارگرفت.

نقشه شمارهٔ (۱): پهنه‌های تصادفی و غیر تصادفی بارش ایران

یادداشت ها

1- Time Series
2- Series Length
3- Original Series
4- Forecast Series
5- No - Change Model
6- Change Model
7- Climatical Measurment
8- Mathematical Climatology
9- Osijek
10- Reliability
11- Cronbach’s Alpha
12- Validity
13- Model
14- Measuring Accuracy
15- Forecast Accuracy
16- Mean Absolute Deviation
17- Mean Square Error
18- Root Mean Square Error
19- Mean Absolute Percent Error
20- Coefficient of Determination
21- Theil,s Inequality Coefficient
22- Theil,s Decomposition of the MSE
23- Random Or Stochastic Process
24- Random Element
25- Randomness Or Noise
26- Parametric & Noparametric Tests
27- Distibution -Free
28- Runs Test
29- Turning Points Test
30-Sign Test
31- Daniels, Test
32- Kendall’s tau
33- Von Neumann,s Test
34- Simple Autocorrelation Function
35- Zero Average Error
36- Equal Ferquency
37- MiniMax Or Sample Midrange
38- Min MAD
39- Least Squares

منابع مورد استفاده

افشین نیا، منوچهر. ۱۳۷۲. روشهای آماری و کاربرد آن در علوم، انتشارات اتا.

جاوری، مجید. ۱۳۸۰. تغییرات زمانی دما و بارش ایران، پایان نامهٔ دکتری، دانشگاه تهران.

سرمد، زهره و بازرگان، عباس. ۱۳۷۹. روش های تحقیق در علوم رفتاری، انتشارات آگاه.

شیوا، رضا (ترجمه). ۱۳۷۵. پیش بینی سری های زمانی، انتشارات موسسهٔ مطالعات و پژوهش های بازرگانی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فاطمی قمی، محمدتقی (ترجمه). ۱۳۷۳. پیش بینی و تجزیه و تحلیل سری های زمانی ، انتشارات نشر دانش امروز.

مهدوی، مسعود. ۱۳۷۵.آمار و روش های تجزیه و تحلیل داده های جغرافیا، انتشارات ققنوس.

نیرومند، حسینعلی و بزرگ نیا، ابوالقاسم (ترجمه). ۱۳۷۲. مقدمه ای بر تحلیل سری های زمانی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

نیرومند، حسینعلی (ترجمه). ۱۳۷۶.تحلیل سری های زمانی، روش‌های یک متغیرو چند متغیری، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

Abraham, B. & Ledolter, J. 1983. Statistical Methods for Forecasting, NewYork, John Wiley & sons, USA.

Akkin , P. A & Rasmussow, E. M. 1993. A global view of Large-Sea precipitation Variability, journal of climate, August.

Anyadike, R. N. C. 1992. Seasonal & Annual Rainfall Variations over Nigeria, International Journal of Climatology, Vol 13, Nov1992.

Armstrong, J. S. 1978. Long-Range Forecasting, NewYork, John Wiley, USA.

Barlow, R. J. 1989. Statistics - A Guide ... John Wiley Englond.

Bonacci, O.1993. Hydrological Identification of Drought, Journal Hydrological Processes, Vol. 7, July-sept 1993 .

Brown, R. G.1959. Statistical Forecasting for Inventory Control, NewYork, McGraw- Hill, USA

Cilchrist, W. 1976. Statistical Forecasting, Nowyork, John Wiley, USA.

Draper, N & Smith, H. 1981. Applied Regression Analysis , Englewood cliffs - Prentice -Hall.

Groisman, P. Y. 1999. Data on Present- Day Precipitation Change in the Extratropical Part of the Northern Hemisphere , State . Hydrological Institute USSR.

Howell, D. C. 1989. Fundamental Statistics for the Behavioral Sciences. Pwskent. USA.

King, L. J.1969. Statistical Analysis in Geography , Prentice - Hall ,USA.

Lightteill, J. 1981. Monsoon Dynamics , Cambridge university Landon.

Loukas, A. & Quick, M.1996. Spatial & Tempral Distribution of Storm Precipitation in South Western British Columbia, Journal of Hydrology ,Vol 174, January.

Rind, D. 1996. Climate Variability & Climate Change, Elsevier NewYork .

Stanfford, J. M. 2000. Temperature & Precipitation of Alaska …, Theoretical & Applied Climatology No 67, March.

Stanton, W. L .1989. Quantitative Forecasting Methods, Pwskent , Landon.

Stenchikov, G. L.1999. Computer Experiments with a Coarse - Grid Hydrodynamic Climate Model, Elsevier, NewYork.

Thomopoalos, N.T.1980. Applied Forecasting Methods, Englewoprentice - Hall.

Trenberth, K. E.1999. Recent Climate Changes in the Northern Hemisphere, National Cnter For Atmospere Research, USA.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی